

11 DEC. 2003



# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION****COPIE OFFICIELLE**

REC'D 06 JAN 2004

WIPO

PCT

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 18 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**DOCUMENT DE  
PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1(a) OU (b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

1er depot

**BEST AVAILABLE COPY**  
**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*02

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

**page 1/2**



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

CB 540 W / 018801

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>27 SEPT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0211990</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>27 SEP. 2002</b> PAR L'INPI		<b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  <b>CABINET PLASSERAUD</b>  <b>84, rue d'Amsterdam</b> <b>75440 PARIS CEDEX 09</b>	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) <b>BFF020317</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  <b>PROCEDE ET DISPOSITIF POUR CARACTERISER DES MATERIAUX FERROELECTRIQUES</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF		<b>CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS -</b>  <b>Etablissement Public, Scientifique et Technologique EPST</b>	
Domicile ou siège		<b>3, rue Michel Ange 75794 PARIS Cédex 16</b>	
Rue		Code postal et ville _____	
Pays		<b>FRANCE</b> <b>Française</b>	
Nationalité		N° de télécopie (facultatif) _____	
N° de téléphone (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

1er dépôt

BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉREQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2



Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES  
DATE

LIEU 27 SEPT 2002

N° D'ENREGISTREMENT 75 INPI PARIS

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

0211990

DE 540 W / 01CS-1

Vos références pour ce dossier :  
(facultatif)

BFF020317

6 MANDATAIRE (facultatif)

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

Cabinet PLASSERAUD

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

Adresse

Rue

84, rue d'Amsterdam

Code postal et ville

75009 PARIS

Pays

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

7 INVENTEUR (s)

Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques

Les demandeurs et les inventeurs  
sont les mêmes personnes☐ Oui☒ Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)

8 ÉTABLISSEMENT DE LA DEMANDE

Uniquement pour une demande de brevet (à remplir en cas de dépôt transnational)

Établissement immédiat  
ou établissement différé☒☐Paiement échelonné de la redevance  
(ce deux versements)

Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt

☐ Oui☐ Non9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non imposition)☐ Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la  
decision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AGSi vous avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE

(Nom et qualité du signataire)

Eric BURBAUD

94-0304

VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI

M. MARTIN



36 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54


ter depot


**BEST AVAILABLE COPY**  
**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

  
N° 11354\*02

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

Page suite N° ... / ...

/suite

<b>Réserve à l'INPI</b>	
REMISE DES PIÈCES DATE <b>27 SEPT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0211990</b> N° NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	
Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire DB 829 W / 01107	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> <b>BFF020317</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>	
Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale <b>ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN</b>	
Prénoms _____	
Forme juridique <b>Etablissement Public à caractère scientifique, culturel et professionnel</b>	
N° SIREN _____	
Code APE-NAF _____	
Domicile ou siège	Rue <b>61, av. du Président Wilson 94235 CACHAN Cédex</b>
	Code postal et ville _____
	Pays <b>FRANCE</b>
Nationalité <b>Française</b>	
N° de téléphone (facultatif) _____	
N° de télécopie (facultatif) _____	
Adresse électronique (facultatif) _____	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale _____	
Prénoms _____	
Forme juridique _____	
N° SIREN _____	
Code APE-NAF _____	
Domicile ou siège	Rue _____
	Code postal et ville _____
	Pays _____
Nationalité _____	
N° de téléphone (facultatif) _____	
N° de télécopie (facultatif) _____	
Adresse électronique (facultatif) _____	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>SIGNATURE DU DEMANDEUR</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b>	
<b>Eric BURBAUD</b> <b>94-0304</b> 	
<b>VISA DE LA PRÉFECTURE</b> <b>OU DE L'INPI</b> <b>M. MARTIN</b>	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

Procédé et dispositif pour caractériser des matériaux ferroélectriques

La présente invention concerne un procédé pour  
5 caractériser des matériaux ferroélectriques. Elle vise également un dispositif mettant en œuvre ce procédé.

Les matériaux ferroélectriques sont caractérisés par les cycles d'hystérésis de la densité volumique de polarisation,  $P$  (C/m<sup>2</sup>), en fonction du champ électrique,  $E$   
10 (V/m). Les instruments de caractérisation actuels permettent d'extraire des paramètres simples propres à ces cycles. Les cycles sont traditionnellement décrits par une polarisation rémanente (polarisation sous champ nul), une polarisation maximale, un champ coercitif et un champ de biais.

15 La forme des cycles d'hystérésis est pourtant très complexe et elle est étroitement liée à l'amplitude du champ électrique appliqué au sein du matériau, au processus d'élaboration du matériau, à la présence de défauts au sein du matériau, à la fréquence de mesure, etc. De nombreuses  
20 informations sont donc occultées si l'on se limite à la détermination de quelques paramètres seulement.

Un modèle théorique a été proposé par F. Preisach, dans l'article intitulé « Über die Magnetische Nachwirkung. » *Z. Phys.* 94, 277-302 (1935), pour représenter  
25 complètement la forme du cycle d'hystérésis, via une densité de basculements, dite densité de Preisach.

La détermination expérimentale précise de cette densité de Preisach repose sur un principe mathématique divulgué notamment dans l'article intitulé « Mathematical  
30 models of hysteresis », *IEEE Trans. Magn.* MAG-22, 603-608 (1986), par Mayergoyz, I. D.

Cette détermination nécessite un très grand nombre de mesures de cycles, puis un traitement de données. A l'heure actuelle les méthodes de mesure appliquées à la détermination de cette densité de Preisach n'utilisent que peu de mesures et reposent alors sur un a priori de la forme de cette densité. On parle de méthodes analytiques.

Le matériau ferroélectrique est généralement un bon diélectrique dont le comportement petits signaux est non linéaire. Ce comportement est décrit par l'effet "papillon" de la capacité petits signaux en fonction du champ électrique de repos. Ces effets ne peuvent pas être modélisés par une densité de Preisach et doivent donc être éliminés. La polarisation,  $P(E)$ , doit donc être décomposée en deux effets (Equation. 1), l'un localement réversible,  $P_{rev}(E)$ , et l'autre, localement irréversible,  $P_{irr}(E)$ . Les effets localement réversibles sont accessibles par une mesure de la capacité petits signaux. Seul les effets localement irréversibles peuvent être modélisés par une densité de Preisach. La parfaite séparation de ces deux effets n'est pas envisagée par les méthodes de caractérisation actuelles.

$$P(E) = P_{rev}(E) + P_{irr}(E) \quad (1)$$

La polarisation localement irréversible représente l'état de basculements des domaines ferroélectriques, où dit autrement, la position des parois de domaines. Les déplacements de parois de domaines sont sujets à une certaine dynamique qui introduit des phénomènes transitoires complexes. Les phénomènes transitoires ne sont pas pris en compte par le modèle de Preisach et doivent donc être

éliminés. L'élimination de ces phénomènes transitoires n'est pas envisagée dans les procédés de caractérisation actuels.

Le but de l'invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé de caractérisation permettant une élimination des phénomènes localement réversibles et des phénomènes transitoires dus aux déplacements de parois.

Cet objectif est atteint avec un procédé pour caractériser un matériau ferroélectrique, comprenant :

- 10 - une application d'une tension électrique sur un échantillon de ce matériau ferroélectrique,
- une mesure du courant électrique traversant cet échantillon,
- un traitement conjoint d'un signal de tension appliquée et d'un signal de courant mesuré, pour fournir des données représentatives de caractérisation de polarisation du matériau ferroélectrique.

Suivant l'invention, le procédé comprend en outre :

- 20 - un asservissement de la tension électrique appliquée, de façon à produire en superposition une première composante de courant à une première amplitude dite « grands signaux » à une première fréquence et une seconde composante de courant à une seconde amplitude dite « petits signaux » et à une seconde fréquence très supérieure à la première fréquence ; et

25 - une identification de caractéristiques du matériau ferroélectrique associées respectivement à des effets de polarisation localement réversibles et à des effets de polarisation localement irréversibles.

30 Avec la présente invention, on propose une instrumentation qui permet une parfaite extraction de la polarisation localement irréversible, ainsi qu'une

élimination des phénomènes transitoires liés à la dynamique des déplacements de parois de domaines. Une détermination expérimentale de la densité de Preisach, ne nécessitant aucun priori, est ensuite envisageable. Cette densité de Preisach expérimentale permet de caractériser le matériau ferroélectrique indépendamment de l'amplitude du champ électrique appliqué. Les influences de certains phénomènes liés à la présence de défauts peuvent être facilement observés, tels que la fatigue du matériau, ou le phénomène de biais local ("local imprint").

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif de caractérisation de matériaux ferroélectriques, mettant en œuvre le procédé selon l'invention, comprenant :

- des moyens pour appliquer une tension alternative sur un échantillon du matériau ferroélectrique,

- des moyens pour mesurer le courant électrique traversant cet échantillon,

- des moyens pour traiter conjointement un signal de tension appliquée et un signal de courant mesuré, pour fournir des données représentatives de caractérisation de polarisation du matériau ferroélectrique, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des moyens pour asservir la tension électrique appliquée, de façon à produire en superposition une première composante de courant à une première amplitude dite « grands signaux » à une première fréquence et une seconde composante de courant à une seconde amplitude dite « petits signaux » et à une seconde fréquence très supérieure à la première fréquence ; et

- des moyens pour extraire à partir des données de traitement des caractéristiques du matériau ferromagnétique



élimination des phénomènes transitoires liés à la dynamique des déplacements de parois de domaines. Une détermination expérimentale de la densité de Preisach, ne nécessitant aucun a priori, est ensuite envisageable. Cette densité de  
 5 Preisach expérimentale permet de caractériser le matériau ferroélectrique indépendamment de l'amplitude du champ électrique appliqué. Les influences de certains phénomènes liés à la présence de défauts peuvent être facilement observés, tels que la fatigue du matériau, ou le phénomène  
 10 de biais local ("local imprint").

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif de caractérisation de matériaux ferroélectriques, mettant en œuvre le procédé selon l'invention, comprenant :

- 15 - des moyens pour appliquer une tension alternative sur un échantillon du matériau ferroélectrique,
- des moyens pour mesurer le courant électrique traversant cet échantillon,
- des moyens pour traiter conjointement un signal de  
 20 tension appliquée et un signal de courant mesuré, pour fournir des données représentatives de caractérisation de polarisation du matériau ferroélectrique, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :
- des moyens pour asservir la tension électrique  
 25 appliquée, de façon à produire en superposition une première composante de courant à une première amplitude dite « grands signaux » à une première fréquence et une seconde composante de courant à une seconde amplitude dite « petits signaux » et à une seconde fréquence très supérieure à la première  
 30 fréquence ; et
- des moyens pour extraire à partie des données de traitement des caractéristiques du matériau ferroélectrique

associés respectivement à des effets de polarisation localement réversibles et à des effets de polarisation localement irréversibles.

5 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre un montage à masse virtuelle mis en œuvre, représentatif de l'art antérieur ;

10 - la figure 2 illustre le principe de l'asservissement de la tension aux bornes de l'échantillon et de la mesure du courant absorbé par celui-ci, mis en œuvre dans le procédé selon l'invention ;

15 - la figure 3 représente une mesure simultanée de la capacité petits signaux, du courant absorbé par un échantillon de matériau ferroélectrique et de la tension imposée à ses bornes, obtenue avec un dispositif de caractérisation selon l'invention ;

20 - la figure 4 représente une évolution temporelle du courant absorbé par l'échantillon et de la tension appliquée à ces bornes (présentant un palier aux extrémités) ;

25 - la figure 5 illustre des densités effectives de basculements des domaines tracées dans le plan ( $E_{\max}$ ,  $E$ ), obtenues avec un dispositif de caractérisation selon l'invention ; et

- la figure 6 illustre une densité expérimentale de Preisach, en vue de dessus à gauche.

30 On va maintenant décrire le principe du procédé de caractérisation selon l'invention, en même temps que sa mise en œuvre dans un appareil de caractérisation, en référence aux figures précitées.

Pour réaliser une caractérisation d'un matériau ferroélectrique, il est nécessaire d'assurer une parfaite maîtrise de la tension imposée aux bornes de l'échantillon, ainsi qu'une mesure du courant absorbé par celui-ci. Lorsque la chute de tension dans l'impédance interne du générateur peut être négligée, un simple montage à masse virtuelle peut être utilisé, en référence à la figure 1.

Dans le procédé de caractérisation selon l'invention, un asservissement de la tension est prévu pour permettre des niveaux élevés d'absorption de courant. Un exemple d'asservissement basé sur l'utilisation d'un amplificateur opérationnel à transconductance est présenté sur la figure 2.

Le système de mesure permet donc d'imposer une certaine tension aux bornes de l'échantillon ferroélectrique, tout en mesurant le courant absorbé par celui-ci. Ce système de mesure est le cœur de l'instrumentation mise en œuvre pour la détermination de la densité de Preisach.

Le courant mesuré au cours de cycles grands signaux et basse fréquence rend compte de tous les effets de polarisation incluant les effets réversibles et irréversibles.

Les effets localement réversibles peuvent être mesurés séparément par superposition à la tension grand signal, d'un signal sinusoïdal de très faible amplitude mais de haute fréquence. La capacité petits signaux est alors mesurée simultanément, par le biais d'une détection synchrone, en référence à la figure 3.

L'expression du courant absorbé par l'échantillon est rappelée par l'Equation. 2. Ce courant est décomposé en plusieurs effets décrits par l'Equation. 3. On reconnaît les

effets de polarisation localement irréversibles, les effets localement réversibles ainsi que les effets dus à la capacité à vide (également réversibles).

$$I(E) = S \frac{d(\epsilon_0 E + P(E))}{dt} \quad (2)$$

5

$$I(E) = \left[ S\epsilon_0 + S \frac{dP_{rev}(E)}{dE} + S \frac{dP_{irr}(E)}{dE} \right] \frac{dE}{dt} \quad (3)$$

Le courant dépend du sens de variation du champ et, lorsque le champ est décroissant, de la dernière valeur maximale de champ atteinte,  $E_{max}$ . A partir de l'Equation 3, on déduit une expression du courant (Eq. 4) où apparaissent la capacité petits signaux,  $C(E_{max}, E)$ , l'épaisseur de l'échantillon,  $h$ , la surface de l'échantillon,  $S$  et la polarisation à saturation de l'échantillon,  $P_{sat}$ . La grandeur  $H_{dec}(E_{max}, E)$  est appelée densité effective de basculements des domaines et représente les effets localement irréversibles.

15

$$I(E_{max}, E) = [hC(E_{max}, E) + 2P_{sat}SH_{dec}(E_{max}, E)] \frac{dE}{dt} \quad dE < 0 \quad (4)$$

20

L'Equation 4 n'intègre pas la dynamique de déplacement des parois de domaines. Cette dynamique est à l'origine de phénomènes transitoires extrêmement gênants lors d'une rupture de pente du champ électrique. Le profil du champ électrique appliqué à l'échantillon est linéaire par morceau afin de faciliter le calcul de  $dE/dt$ . Les effets transitoires aux niveaux des extrémités (lorsque le champ change de sens) sont alors éliminés par des paliers de tension, en référence à la figure 4. Ces paliers permettent d'attendre que les phénomènes transitoires liés à la

25

dynamique des parois de domaines soient terminés avant de lancer les acquisitions. Cette méthode permet quasiment d'éliminer l'influence de la fréquence de mesure sur la forme de la densité de Preisach.

5            La figure 5 montre les mesures collectées au cours d'une détermination de densités effectives de basculements des domaines suivant la méthode FORC décrite dans l'article « Mathematical models of hysteresis » précité. Ces données sont obtenues après élimination des effets transitoires et  
10        soustraction des effets localement réversibles.

          La relation entre la densité de Preisach,  $N(X,Y)$  et ces densités effectives de basculement des domaines est donnée par Mayergoyz (Equation 5). En référence à la figure 6, la densité de Preisach peut donc être calculée à partir  
15        des données de la figure 5 collectées pour différentes valeurs de  $E_{max}$ .

$$N(E_{max}, E) = \frac{\partial H_{dec}(E_{max}, E)}{\partial E_{max}} \quad dE < 0 \quad (5)$$

20            Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Procédé pour caractériser un matériau ferroélectrique, comprenant :

- 5           - une application d'une tension électrique sur un échantillon de ce matériau ferroélectrique,  
          - une mesure du courant électrique traversant cet échantillon,  
          - une mesure simultanée de la capacité petits  
10 signaux de l'échantillon,  
          - un traitement conjoint d'un signal de tension appliquée, d'un signal de courant mesuré et d'un signal de capacité petits signaux, pour fournir des données représentatives de caractérisation de polarisation du  
15 matériau ferroélectrique,  
**caractérisé en ce qu'il comprend en outre :**  
          - un asservissement de la tension électrique appliquée, de façon à produire en superposition une première composante de tension à une première amplitude dite « grands  
20 signaux » à une première fréquence et présentant des paliers aux extrémités, et une seconde composante de tension à une seconde amplitude dite « petits signaux » et à une seconde fréquence très supérieure à la première fréquence ; et  
          - une identification de caractéristiques du matériau  
25 ferroélectrique associés respectivement à des effets de polarisation localement réversibles et à des effets de polarisation localement irréversibles.

2. Dispositif de caractérisation de matériaux ferroélectriques, mettant en œuvre le procédé selon  
30 l'invention, comprenant :

- des moyens pour appliquer une tension alternative sur un échantillon du matériau ferroélectrique,

- des moyens pour mesurer le courant électrique traversant cet échantillon,

- des moyens pour mesurer la capacité petits signaux de cet échantillon,

5           - des moyens pour traiter conjointement un signal de tension appliquée, un signal de courant mesuré et d'un signal de capacité petits signaux, des moyens pour fournir des données représentatives de caractérisation de polarisation du matériau ferroélectrique,

10   **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre :

- des moyens pour asservir la tension électrique appliquée, de façon à produire en superposition une première composante de tension à une première amplitude dite « grands signaux » à une première fréquence et présentant des paliers  
15   aux extrémités, et une seconde composante de tension à une seconde amplitude dite « petits signaux » et à une seconde fréquence très supérieure à la première fréquence ; et

- des moyens pour extraire à partir des données de traitement des caractéristiques du matériau ferroélectrique  
20   associés respectivement à des effets de polarisation localement réversibles et à des effets de polarisation localement irréversibles.

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel les moyens d'asservissement de tension comprennent un  
25   amplificateur opérationnel à transconductance.

FIG. 1  
(art antérieur)

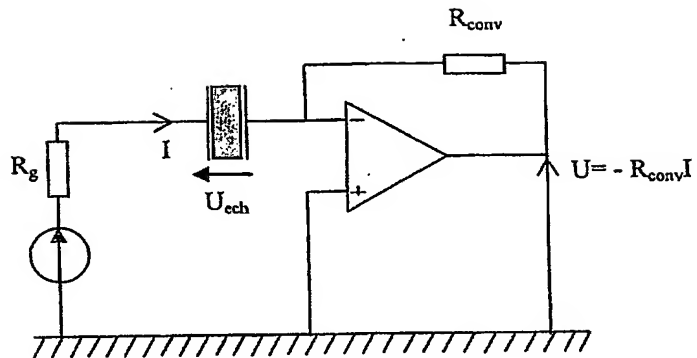


FIG. 2

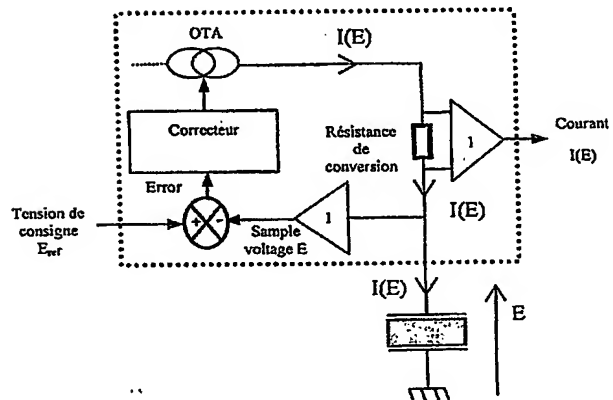


FIG. 3

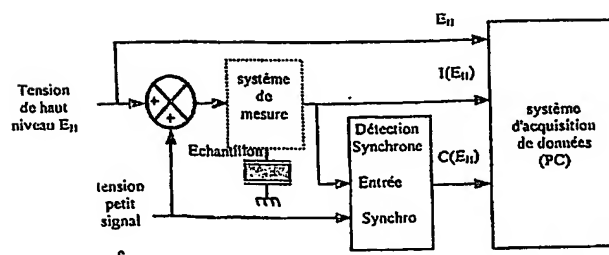




FIG. 4

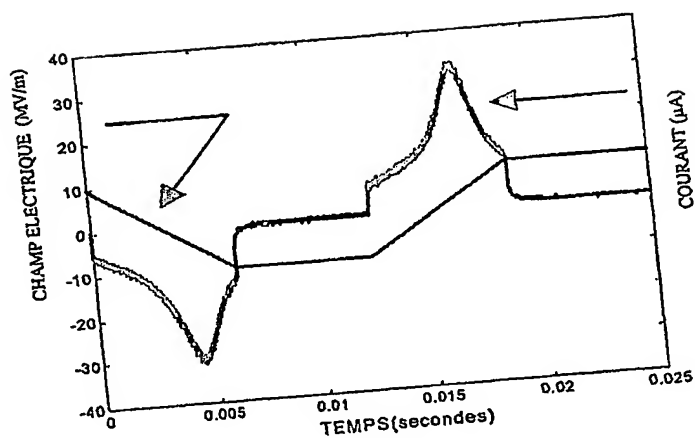


FIG. 5

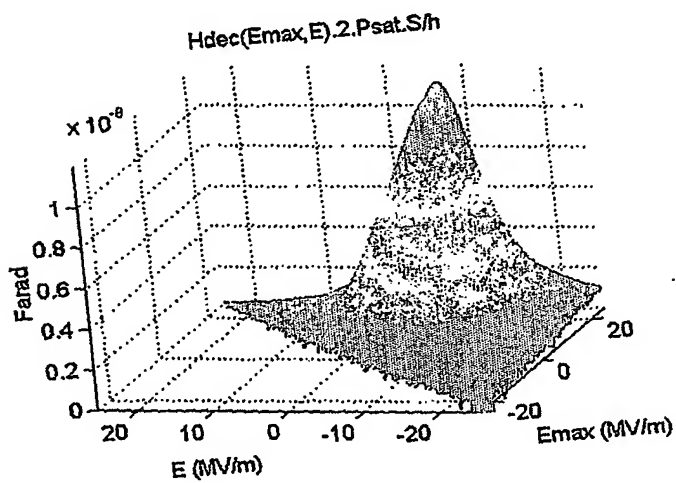
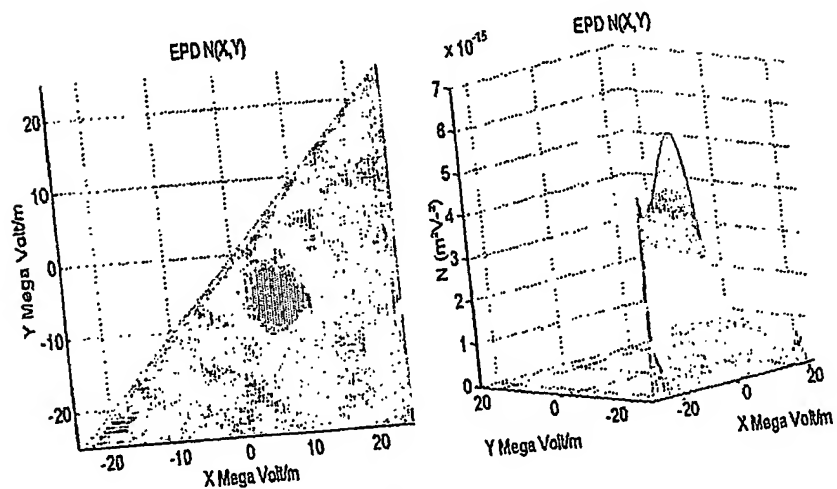


FIG. 6





reçue le 16/10/02

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235°0

**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1. / .1.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 2706

**Vos références pour ce dossier (facultatif)****N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL**

BFF020317 02 11 990

**TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)**PROCEDE ET DISPOSITIF POUR CARACTERISER DES MATERIAUX FERROELECTRIQUES****LE(S) DEMANDEUR(S) :****CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS -  
ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN****DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :**

<b>1</b>	Nom			
	Prénoms			
Adresse	Rue	CIMA Lionel		
	Code postal et ville	11, bâtiment D Allée d'Honneur 92330 SCEAUX		FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)				
<b>2</b>	Nom			
	Prénoms			
Adresse	Rue	LABOURE Eric		
	Code postal et ville	Bâtiment D 26, rue de Verdun		94230 CACHAN
Société d'appartenance (facultatif)				
<b>3</b>	Nom			
	Prénoms			
Adresse	Rue			
	Code postal et ville			
Société d'appartenance (facultatif)				

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

**DATE ET SIGNATURE(S)  
DU (DES) DEMANDEUR(S)  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)**

Le 27 septembre 2002

**CABINET PLASSERAUD**

Eric BURBAUD

94-0304

**BEST AVAILABLE COPY**